PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 8. 24. November 1900. 2. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
J. Elster, Messungen der elektrischen Zerstreuung in der freien atmosphärischen Luft an geographisch weit voneinander entfernt liegenden Orten. S. 113.
H. Geitel, Über die Elektrizitätszerstreuung in abgeschlossenen Luftmengen. S. 116.

Zusammenfassende Bearbeitungen:
A. Nippoldt, Der heutige Stand der Theorie des Erdmagnetismus. (Fortsetzung und Schluss.) S. 119.

Referate:
Neues vom Telegraphon. S. 125.

Besprechungen:
B. Donath, Die Einrichtungen zur Erzeugung der Röntgenstrahlen und ihr Gebrauch. S. 12[illegible]

Tagesereignisse. S. [illegible]

Personalien. S. 1[illegible]

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLL
LIBRARY
MASS.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Messungen der elektrischen Zerstreuung in der freien atmosphärischen Luft an geographisch weit voneinander entfernt liegenden Orten.

Von Julius Elster.

Im Laufe des verflossenen Sommers habe ich auf einer Urlaubsreise den elektrischen Zerstreuungskoeffizienten in der freien atmosphärischen Luft an zahlreichen geographisch weit voneinander entfernt liegenden Punkten bestimmt. Im folgenden möchte ich in aller Kürze über die Resultate dieser Messungen berichten. Ich muss vorausschicken, dass der Zweck meiner Reise kein wissenschaftlicher war, dass ich vielmehr nur gelegentlich Beobachtungen ausführte. Während des Frühjahrs unternahm ich Seefahrten auf dem Mittelmeere, im Sommer auf der Nordsee und im nördlichen Eismeere; auch grössere Abstecher in das Innere der betreffenden Länder, deren Küsten ich berührte, wurden gemacht, so z. B. von Tunis nach Biscra. Nach Norden fand ich Gelegenheit von Tromsö aus bis zum 80° n. Br. (bis dicht vor Cap Treurenberg auf Spitzbergen) vorzudringen. Auf der Reise vom Süden zum Norden bot sich bei Durchquerung der Alpen via Chiavenna-Maloja die Möglichkeit, in verschiedenen Meereshöhen zu beobachten.

Das von mir benutzte Instrument (Apparat II) wich von dem von Geitel[1]) und mir in den Alpen und in Wolfenbüttel verwandten (Apparat I) hinsichtlich seiner Konstruktion in einem Punkte ab. Es war nämlich auf Vorschlag des Herrn Quincke der Ebonitzapfen im Innern des Elektroskopes durch ein entsprechendes Stück Bernstein ersetzt und dadurch in der That andauernd eine vorzügliche Isolation erzielt. Die Zerstreuung im Innern des Elektroskopes bestimmte sich im Maximo zu 0,01 % pro Minute, ein Betrag, der gegen die sonstigen unvermeidlichen Fehler der Ablesung und Kalibrierung zu vernachlässigen ist. Doch wurde nie versäumt, nach Schluss oder vor Beginn der Beobachtungen das Elektroskop auf seine Isolationsfähigkeit zu prüfen. Die Austrocknung durch Natrium — die man überhaupt nur im Notfall verwenden soll — war nie erforderlich. Apparat II besass eine grössere Kapazität als Apparat I. Um die Angaben von II auf die des Apparates I zu reduzieren, waren dieselben durch 0,36 zu dividieren. Dadurch werden die im folgenden angegebenen Prozente mit den früher Terrestr. Magn. l. c. veröffentlichten unmittelbar vergleichbar.

Im ganzen wurden 390 Einzelmessungen vorgenommen; von diesen entfallen auf

Biscra	4
Algier	14
Capri	102
Lugano	49
Maloja	25
Tromsö	23
Spitzbergen	58

Die noch übrigen 115 Beobachtungen verteilen sich über vereinzelte Punkte an den Küsten Siziliens, der Riviera, des kontinentalen Europas und der Westküste Norwegens.

Da der Betrag der Zerstreuung, wie früher nachgewiesen (Terr. Magn. l. c. S. 224) in erster Linie von der Lufttrübung abhängt und zwar in der Art, dass mit zunehmender Dunstbildung die Leitfähigkeit der Luft geringer wird, so bieten die an einem Orte bei möglichst durchsichtiger Luft beobachteten Maxima des Zerstreuungskoeffizienten das hauptsächlichste Interesse; im folgenden werde ich mich daher

1) J. Elster u. H. Geitel, Über die Existenz elektrischer Ionen in der Atmosphäre. Terrestrial Magnetism. IV, 213. Dez. 1899 und Über die Elektrizitätszerstreuung in der Luft. Ann. der Physik 2, 425. 1900. Der Apparat ist zuerst beschrieben: Phys. Ztschrft. 1, 11. 1899.

im wesentlichen auf die Angabe dieser beschränken.

Es liegt in der Natur der Sache, das dem von mir an den genannten Punkten gewonnenen Beobachtungsmateriale eine beträchtliche Unsicherheit anhaftet, da es sehr wohl möglich, ja bei der Kürze des Aufenthaltes an manchen Punkten sehr wahrscheinlich ist, dass die grössten für den betreffenden Ort möglichen Werte des Zerstreuungskoeffizienten nicht zur Beobachtung gelangten. Immerhin lassen sich aus dem Beobachtungsmateriale einige Schlüsse ziehen, die von Interesse sein dürften.

Zunächst fand ich das von Geitel und mir im Sommer 1899 in den Alpen gewonnene Resultat, dass nämlich die Elektrizitätszerstreuung mit wachsender Meereshöhe zunimmt, bestätigt. So waren die in Lugano (Seehöhe 280 m) am 17. VI. beobachteten Maxima des positiven und negativen Zerstreuungskoeffizienten:

$$a_+ = 3{,}33\,\%, \quad a_- = 2{,}17\,\%.$$

In dem Hochthal von Maloja (Seehöhe 1811 m), drei Tage später war dagegen:

$$a_+ = 8{,}33\,\%, \quad a_- = 9{,}44\,\%,$$

Werte von etwa derselben Grössenordnung, wie die früher von uns in der Umgebung von Zermatt beobachteten. Der höchste mir zugängliche südliche Punkt war die 2900 m hochgelegene Casa inglese unter dem Ätnagipfel.[1]) Die hier am 12. V. beobachteten Werte waren:

$$a_+ = 3{,}19, \quad a_- = 7{,}53,$$

Zahlen, die voraussichtlich zu klein bestimmt wurden, da des Windes wegen der Apparat an ganz geschützter Stelle, direkt an der Wand des noch etwa 2 m hoch im Schnee vergrabenen Observatoriums Aufstellung gefunden hatte. Immerhin zeigt sich die erhöhte Leitfähigkeit mit wachsender Meereshöhe für a_- mit hinreichender Deutlichkeit auch hier, denn Tage zuvor waren auf der Plattform des R. Osservatorio in Catania nur Werte im Betrage von 3,17 für a_+ und 4,42 für a_- gefunden worden.

Ferner ergab sich, ebenfalls in Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen, dass der Quotient $\frac{a_-}{a_+} = q$, welcher das Verhältnis der Entladungsgeschwindigkeiten angiebt, an elektrisch exponiert gelegenen Punkten ganz beträchtliche Werte annehmen kann.

In Tabelle I sind die von mir auf derartigen Punkten angestellten Beobachtungen aufgeführt.

1) Die in so früher Jahreszeit wie Mai ziemlich umständliche Expedition auf den Ätna wurde mir durch das freundliche Entgegenkommen des Direktors des R. Osservatorio in Catania, des Herrn Prof. A. Riccò, wesentlich erleichtert, wofür ich meinen wärmsten Dank auch an dieser Stelle aussprechen möchte.

Tabelle I.

Unipolare Entladung auf Berggipfeln.

Datum	Name des Berges	Meereshöhe in Metern	a_+	a_-	$q = \frac{a_-}{a_+}$
1./V.	Monte Solaro auf Capri	585	0.47	6.94	14.8
13./IV.	Monte Salvatore bei Lugano	909	0.53	2.17	4.1
15./IV.	Monte Generoso bei Lugano	1704	0.22	3.33	15.1
22./VI.	Piz Languard bei Pontresina	3220	1.09	18.41	16.9

Auf dem Piz Languard entwich also eine dem Zerstreuungscylinder mitgeteilte negative Ladung etwa 17 mal so schnell als eine gleich grosse positive. In abgeschwächtem Masse ($q = 2$) fand sich dies unipolare Verhalten auch im Innern der den Languardgipfel krönenden Veranda, solange man der Aussenluft Zutritt gewährte.

Fasst man die Werte der Zerstreuungskoeffizienten ohne Rücksicht auf das Vorzeichen der erteilten Ladung ins Auge, so tritt eine deutliche Abhängigkeit von der geographischen Breite nicht hervor, wie aus Tabelle II ersichtlich ist.

So liegt das Maximum für die Zerstreuung der positiven Elektrizität nach vorstehender Tabelle auf Capri mit 6,47 Prozent, das für die negative auf Spitzbergen mit 10,2 Prozent. Dagegen ist auffallend springend der grosse Unterschied zwischen kontinentalem und ozeanischem Klima. Die Leitfähigkeit der Luft ergab sich in ersterem viel geringer als in letzterem. So hohe Werte, wie sie in Capri und auf Spitzbergen beobachtet wurden, finden sich anscheinend im Innern der Länder nicht. So ist z. B. für Wolfenbüttel der durchschnittliche Wert für a nur etwa 1,3 Prozent; Werte in der Höhe, wie die in der Tabelle für unsern Wohnort angegebene Maxima, gelangen nur selten zur Beobachtung.

Während so die Beträge der Zerstreuungskoeffizienten, solange man vom Vorzeichen der erteilten Ladung absieht, keine Unterschiede in ihrer Abhängigkeit von der geographischen Breite aufwiesen, trat ein polarverschiedener Charakter der Entladung und zwar im Meeresniveau um so deutlicher hervor, je weiter man nach Norden gelangte.

Die ganz vereinzelten Fälle unipolarer Leitfähigkeit, die an den Küsten des Mittelmeeres beobachtet wurden und bei welchen ebenfalls

Tabelle II.

Abhängigkeit des Zerstreuungskoeffizienten von der geographischen Breite. Beobachtete Maxima.

Ort	Biscra	Algier	Sicilien	Capri	Lugano	Blankenburg am Harz	Tromsö	Spitzbergen				Wolfenbüttel, von Geitel beobachtet
								Südcap	Adventbay	Virgohafen	Nordwestcap	
Nördliche Breite	35°	36°	37° 30′	40° 30′	46°	51° 50′	69° 38′	76° 21′	78° 21′	79° 50′	80°	52° 10′
Anzahl der Beobachtungen	4	14	11	102	49	16	23	58				410
Witterung	Wolkenlos	Wolkenlos	Wolkenlos	Aufheiterend	Wolkenlos	Wolkenlos	Bedeckt, doch kein Regen	Bedeckt, doch kein Regen	Bewölkt, doch oft Sonnenschein, später Regen	Wolkenlos	Bedeckt, doch kein Regen	Halbbedeckt
a_+	2,42	—	3,17	6,47	3,22	1,40	4,00	3,00	5,53	3,86	6,06	2,81
a_-	2,22	2,94	4,42	7,53	5,06	1,44	4,42	4,31	6,08	8,75	10,20	2,50

die negative Elektrizität schneller entwich als die positive, lassen sich mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine positive Ionisierung der Luft durch brandende Wogen zurückführen.[1]) An der Westküste Norwegens traten unipolare Erscheinungen schon häufiger auf, doch bildeten sie nicht die Regel. Dagegen wurden an den Küsten Spitzbergens, und zwar sowohl auf dem Meere wie an Land, durchgehends unipolare Werte beobachtet und zwar war im Mittel die Entladungsgeschwindigkeit für negative Elektrizität etwa doppelt so gross wie für positive. Dabei ergaben sich für a Werte, wie sie in Mittel-Europa nur im Hochgebirge beobachtet werden (8—10 Prozent). Auf Meeresbrandung in unmittelbarer Nähe ist dies auffällige Verhalten der arktischen Luft sicher nicht zurückzuführen, denn das Wasser lag zwischen dem Treibeis ohne jede Kräuselung, glatt wie ein Spiegel.

In Tabelle III sind einige charakteristische unipolare Beobachtungen aus dem nördlichen und mittleren Teile West-Spitzbergens zusammengestellt.

Bei No. 3 befand sich der Zerstreuungskörper etwa 1,5 Meter über dem Erdboden; bei No. 4 etwa $\frac{1}{2}$ Meter, doch ragte das Riff etwa 8 Meter aus der Oberfläche des Meeres empor. Auf dem vollkommen ebenen Strande der Adventbay 78° 15′ setzte leider eintretender Regen den Beobachtungen bald ein Ziel. Aus den wenigen gewonnenen Werten ergiebt sich etwa

Tabelle III.

Unipolare Leitfähigkeit im Meeresniveau.

No.	Ort	Breite	a_+	a_-	$\frac{a_-}{a_+} = q$	Witterung
1	Icafjord (Meer)	78° 15′	1,45	3,28	2,26	Aufheiterend
2	Fahrt zum Virgohafen	78° 45′	1,75	3,72	2,12	Desgl.
3	Virgohafen (an Land)	79° 50′	3,86	9,31	2,41	Wolkenlos
4	Virgohafen, auf einem Riff i. Meere	79° 50′	1,54	3,70	2,40	f. Wolkenlos
5	Nordwest-cap, Dampfer im Packeis verankert	80° 10′	0,65	2,36	3,63	Bedeckt

$q = 3{,}2$. Auch hier befand sich der Zerstreuungscylinder nur $1\frac{1}{2}$ Meter über dem Erdboden und in einer Entfernung von ca. 300 Metern von dem (nicht brandenden) Meere.

Da die Möglichkeit vorhanden war, dass gerade, wie auf elektrisch exponierten Punkten, das unipolare Verhalten durch abnorm hohe Werte der Luftelektrizität bedingt werde, so wurde nicht verabsäumt, parallellaufend mit den Zerstreuungsmessungen mit Hilfe der transportabeln Exnerschen Apparate das Potentialgefälle zu bestimmen. Dasselbe wurde durchgehends positiv gefunden. doch lagen die Werte nur zwischen 30 und 100 $\frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$. Der Grund für die unipolare Leitfähigkeit der arktischen Luft

---

1) Zerspritzendes Salzwasser ionisiert nach Lenards Versuchen die umgebende Luft positiv. In der Nähe brandender Wogen ist daher eine erhöhte Leitfähigkeit der Luft für negative Elektrizität wohl zu erwarten.

liegt also in äusseren elektrischen Kräften sicher nicht.

Auch Herr Paulsen[1]) beobachtete in Island während eines achtmonatlichen Aufenthaltes daselbst in einer Höhe von etwa 50 m über dem Meere meist polarverschiedene Werte, und zwar war wie in Spitzbergen stets a_- grösser als a_+. Die von ihm mitgeteilten Prozente für die Zerstreuungskoeffizienten liegen, auf etwa gleiches Mass reduziert, innerhalb der Werte, die ich durchschnittlich in Tromsö fand.

Da nach den mitgeteilten Beobachtungen die unipolare Leitfähigkeit der arktischen Luft weder auf nahe Meeresbrandung, noch auf abnorm hohes Potentialgefälle zurückgeführt werden kann, so sind die beobachteten Erscheinungen vielleicht durch eine verschiedene Wanderungsgeschwindigkeit positiver und negativer Ionen zu erklären, die um so deutlicher zu Tage treten wird, je freier von Staub und Dunst die Luft am Beobachtungsorte ist. Doch darf man nicht vergessen, dass bislang nur Bestimmungen aus Küstengebieten vorliegen, und dass die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass die Unipolarität der Entladung verschwindet, wenn man sich in das Innere arktischer Länder hinein begiebt.

Schon in unserer ersten, die Ionenleitung der freien atmosphärischen Luft betreffenden Arbeit haben Geitel und ich betont[2]), dass jede sichtbare Trübung der Luft eine sofortige Abnahme des Zerstreuungskoeffizienten bewirkt. Auch aus dem in Wolfenbüttel gesammelten Materiale geht hervor, dass die Werte der a stark zurückgehen mit dem Anwachsen der relativen Feuchtigkeit. Wir erklärten dies daraus, dass, wenn die Luft ihrem Kondensationspunkte nahe kommt, bereits eine grössere Anzahl von Ionen festgelegt und in ihrer freien Beweglichkeit gehemmt wird, ohne dass dabei eine für das Auge sichtbare Lufttrübung entsteht.

Bei den auf dem Dampfer im nördlichen Eismeere angestellten Beobachtungen trat die Abnahme des Zerstreuungskoeffizienten mit zunehmender Luftfeuchtigkeit ohne jede sichtbare Dunstbildung an einigen Tagen ganz auffällig hervor.

In Tabelle IV sind einige Beobachtungen dieser Art zusammengestellt.

Tabelle IV

Abhängigkeit der a von der relativen Feuchtigkeit.

Datum	Relat. Feucht.	a_+	Bemerkungen
6 VIII.	76 %	3,42	Fast wolkenlos, etwas Wind
	81 %	1,84	
	100 %	1,24	
7 VIII.	71 %	6,06	Bedeckt, doch kein Regen. Zuweilen lebhafter Wind
	100 %	3,50	
	100 %	2,32	

Datum	% F.	a_-	Bemerkungen
7 VIII.	85 %	4,92	Desgl.
	95 %	2,65	
9 VIII.	76 %	6,15	Bedeckt, später Regen
	81 %	4,81	

Meine Absicht, auch auf einem höheren Berge Spitzbergens oder Norwegens die elektrische Zerstreuung zu bestimmen, wurde leider immer durch ungünstige Witterungsverhältnisse vereitelt.

Wolfenbüttel im November 1900.

(Eingegangen 12. November 1900.)

1) A. Paulsen, L'Aurore Polaire d'après les Travaux de la Mission Danoise en Islande, Paris, Gauthier-Villars 1900.
2) Terr. Magn. l. c., S. 224. Ann. der Physik, l. c., S. 432.

Über die Elektrizitätszerstreuung in abgeschlossenen Luftmengen.

Von Hans Geitel.

Die Elektrizitätszerstreuung in der freien Luft zeigt, wie Elster und ich nachgewiesen zu haben glauben, Eigentümlichkeiten, die darauf schliessen lassen, dass sie, wie die übrigen bekannten Fälle von elektrischer Leitung in Gasen, auf dem Vorhandensein elektrischer Ionen beruht.

Solange die dem Versuche unterworfene Luft mit der Atmosphäre zusammenhängt, könnte man daran denken, den Ursprung jener Ionen aus dieser herzuleiten.

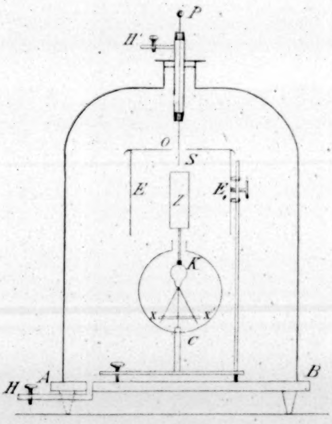
Es ist daher das Verhalten der Zerstreuung in abgeschlossenen Luftmengen von besonderem Interesse, da hier eine Einwanderung der Ionen von aussen her unmöglich ist. Besitzt die Luft nicht die Fähigkeit, die durch Übertragung elektrischer Ladungen verbrauchten Ionen von selbst zu ersetzen, so müsste in begrenzten Räumen durch den Prozess der Elektrizitätszerstreuung selbst eine Abnahme der Leitfähigkeit herbeigeführt werden.

Die bekannten Versuche über Elektrizitätszerstreuung innerhalb abgesperrter Gasvolumina, die insbesondere von Coulomb, Matteucci, Warburg angestellt sind, geben keinerlei Veranlassung, eine solche Abnahme für wahrscheinlich zu halten. Darf man nun annehmen, dass auch in diesem Falle der Elektrizitätstransport durch Ionen geschieht, so müsste die atmosphärische Luft (und andere Gase) bei bestimmten Druck- und Temperaturverhältnissen in der That die Eigenschaft haben, ihr Leitungsvermögen

konstant zu erhalten, d. h. eine gewisse Menge freier Ionen in der Volumeinheit zu regenerieren. Die Wichtigkeit dieser Folgerung hat die Versuche veranlasst, über die kurz berichtet werden soll.

Der in dieser Zeitschrift unlängst beschriebene Apparat [1]) ermöglicht es, Messungen der Elektrizitätszerstreuung in abgeschlossenen Luftmassen mit Sicherheit auszuführen, seine Anwendung zeigt die Figur, in der die gesamte Vorrichtung im senkrechten Durchschnitte dargestellt ist.

Auf einer eben geschliffenen Eisenplatte *A B* steht das Exnersche Elektroskop, bei dem in der früher beschriebenen Art die Trennungsplatte der Aluminiumblättchen unten bei *C* in eine



Bernsteinfassung eingefügt ist. Oben trägt sie die kleine Kugel *K*, in deren konische Bohrung der Stiel des cylindrischen Körpers *Z* eingesetzt wird, von dem aus die Zerstreuung erfolgen soll. Dieser ist rings von dem an dem Stative des Elektroskops befestigten Schutzcylinder *E E'* umgeben, der unten offen, oben durch einen Deckel mit kleiner centraler Öffnung *O* verschlossen ist. Das Ganze steht unter einer Glasglocke von 45 cm Höhe und 30 cm innerem Durchmesser mit abgeschliffenem Rande, die luftdicht auf dem mit Vaseline bestrichenen Eisenteller aufsitzt. Durch den oberen, ebenfalls luftdicht verschlossenen Tubus der Glocke ragt eine in einer Stopfbüchse vertikal verschiebbare isolierte Sonde *S*. Sie kann bis zur Berührung mit der oberen Grenzfläche des Zerstreuungscylinders *Z* herabgesenkt und nach erfolgter Ladung des letzteren bis über die Öffnung *O* zurückgezogen werden. Bei *H* und *H'* sind Röhren mit Hahnverschlüssen zum Einlassen und Absaugen von Luft angebracht. Die eiserne Grundplatte und dadurch auch das Gehäuse des Elektroskops sowie der Schutzcylinder sind mit der Erde leitend verbunden.

Zur Ausführung einer Zerstreuungsmessung im Innern der Glocke senkt man die Sonde *S* bis zum Kontakt mit dem Cylinder *Z* hinab, ladet diesen durch Anlegen einer Trockensäule bei *P* bis auf ein bestimmtes Potential, zieht dann die Sonde bis über *O* zurück und leitet auch sie zur Erde ab. Die Abnahme der Ladung des Elektroskops in einer bestimmten Zeit (es wurden stets 15 Minuten gewählt) wird an der Skala *X X'* beobachtet und vermittelst der Aichungstabelle des Instruments berechnet.

Der Elektrizitätsverlust im Gehäuse des Elektroskops, einschliesslich des durch die nicht absolute Isolation des Bernsteins bewirkten, wird (in der l. c. beschriebenen Weise) von Zeit zu Zeit bestimmt, indem man nach Abheben der Glocke den Zerstreuungskörper *Z* entfernt und den Blättchen des Elektroskops allein mit ihrem Träger eine Ladung erteilt. Die alsdann in 15 Minuten erfolgende Abnahme der Spannung erwies sich stets so gering, dass die daraus abzuleitende Korrektion des Betrages der Zerstreuung die Fehlergrenze nicht überschritt.

Nimmt man mit Coulomb an, dass der in der Zeiteinheit durch die Zerstreuung bewirkte Elektrizitätsverlust der augenblicklichen Dichtigkeit proportional sei, so ergiebt sich bekanntlich der sogenannte Zerstreuungskoeffizient *a* durch die Formel:

$$a = \frac{1}{t}(\log V_0 - \log V),$$

in der V_0 und V die zu Anfang und Schluss der Beobachtungszeit t gemessenen Potentialwerte des Versuchskörpers bedeuten. Der Zerstreuungskoeffizient giebt demnach an, welcher Bruchteil der auf dem Körper enthaltenen Elektrizitätsmenge in der Zeiteinheit entweichen würde, wenn man die Ladung in dieser Zeit konstant erhielte. Er müsste daher von der Höhe dieser Ladung unabhängig sein.

Da bei der benutzten Methode die Zerstreuung nahezu ausschliesslich an dem Cylinder *Z* und dessen Stiele stattfindet, während die in dem Elektroskop befindlichen Teile des geladenen Systems nur zur Vergrösserung der Kapazität beitragen, ohne selbst merkliche Elektrizitätsmengen abzugeben, so ist nach einer früher [1]) von uns begründeten Vorschrift der

1) J. Elster und H. Geitel, Physik. Zeitschrift **1**, 11, 1899.

1) J. Elster und H. Geitel, Terrestrial Magnetism and Atm. Electricity. **4**, 221, 1899.

Ausdruck $\frac{1}{t}(\log V_0 - \log V)$ noch durch einen konstanten Faktor $1-n$ zu teilen, in dem n das Verhältnis der Kapazität der im Elektroskope liegenden geladenen Leiter zu der Summe der Kapazitäten dieser und des Zerstreuungskörpers Z bedeutet. Die Zahl $1-n$ war für das benutzte Instrument gleich 0,7.

War der Apparat frisch zusammengesetzt, d. h. die Glocke mit Luft gefüllt, die bei geöffneten Fenstern dem Zimmer entnommen war, so fanden sich bei einer Anfangsladung von 240 Volt (unabhängig vom Vorzeicher) Beträge der Zerstreuung, die, nach der angegebenen Methode berechnet, einem Verluste von etwa 0,4 Prozent in der Minute entsprachen. Blieb der Apparat sich selbst überlassen, so ergab sich am zweiten Tage ein Verlust von 1,0 Prozent, am dritten von 1,2 Prozent, am vierten von 1.4 Prozent. Von nun an wurde die Zunahme der Zerstreuung langsamer und näherte sich allmählich einem Grenzwerte von etwa 2 Prozent in der Minute. Die Temperatur schwankte dabei wenige Grade um 20° C. Es zeigte sich somit, dass der Zerstreuungskoeffizient in dem abgeschlossenen Raume der Glocke in mehreren Tagen auf etwa das 5fache seines Anfangswertes anstieg. Von einer Verminderung der Leitfähigkeit der Luft infolge der während dieser Zeit vielfach durch sie vermittelten Entladungen kann demnach keine Rede sein. Die beobachtete Vermehrung lässt sich wahrscheinlich auf die bekannte (aus der Annahme einer Ionenleitung leicht verständliche) Thatsache zurückführen, dass in staubhaltiger Luft die Elektrizitätszerstreuung geringer ist, als in staubfreier. In dem Masse, wie der ursprünglich in der Luft suspendiert gewesene Staub sich absetzte, musste die Zerstreuung der Elektrizität zunehmen.

Hiermit steht im Einklange, dass, als am vierten Tage nach Füllung der Glocke Luft in schwachem Strome von aussen eingesaugt wurde, die Zerstreuung von 1,4 Prozent auf 0,7 Prozent fiel. Ebenso nahm die Zerstreuung, nachdem der Apparat mit Zimmerluft neu gefüllt war, sprungweise von 0,5 Prozent auf 0,8 Prozent zu, als ein Teil der Innenluft durch solche ersetzt war, die ein Wattefilter langsam passiert hatte.

Bei den bislang betrachteten Messungen hatte, wie bemerkt, die Anfangsladung etwa + 240 Volt betragen. Setzt man nun, nachdem die Elektrizitätszerstreuung 15′ angedauert hat, die Beobachtungen fort, ohne den Apparat neu zu laden, indem man die verbliebene Restladung als Anfangsladung ansieht, um nach 15′ wiederum abzulesen, und schliesst in dieser Weise eine Messung an die andere an, bis wegen der Kleinheit der Divergenz der Elektroskopblättchen die Ablesung unsicher wird, so dürfte, wenn das Coulombsche Zerstreuungsgesetz hier gültig wäre, die Reihe der gefundenen Zerstreuungskoeffizienten nur kleine Schwankungen zeigen. Die Erfahrung lehrt, dass dies auch nicht angenähert der Fall ist. Aus den vielen Beobachtungsreihen sei hier eine mitgeteilt.

A) Positive Ladung, Zeitdifferenz der Ablesungen je 15′:

Ablesungen in Volt.	Zerstreuungskoeffizient a nach der Coulombschen Formel für 1′.	Verluste in Volt in 15′.
245,6	1,34%	32,2
213,4	1,71	35,3
178,1	1,86	31,7
146,4	2,39	32,4
114,0	3,03	31,0
83,0		

B) Negative Ladung:

239,7	1,36%	32,0
207,7	1,67	33,5
174,2	1,77	29,6
144,6	2,61	34,6
110,0	3,55	34,5
75,0		

(Die Luft unter der Glocke war 3 Tage abgesperrt gewesen.)

Während also der Elektrizitätsverlust, in Prozenten der jedesmaligen Anfangsladung berechnet, mit abnehmender Anfangsladung auf mehr als das Doppelte wächst, ist die Differenz der in gleichen Zeitintervallen abgelesenen Potentialwerte konstant. Der Versuch zeigt demnach, dass die in einer bestimmten Zeit aus dem Versuchskörper verschwundene Elektrizitätsmenge nicht seiner jeweiligen Ladung proportional ist, sondern in dem Intervalle von 240 bis 80 Volt einen unveränderlichen Betrag darstellt.

Dieselbe Erscheinung ist schon von Matteucci[1]) für abgeschlossene Luftmengen nachgewiesen worden, doch hat diese Wahrnehmung, wie es scheint, keine Beachtung gefunden.

Sie wird leicht verständlich unter der Annahme, dass für die Luft (wie auch andere Gase) ein bestimmter von der Temperatur und dem Druck abhängiger normaler Gehalt an Ionen existiert, der, sobald er durch elektrische Kräfte vermindert worden ist, sich von selbst dadurch wieder herstellt, dass in der Zeiteinheit eine (ebenfalls von Temperatur und Druck, aber innerhalb der hier in Frage kommenden Grenzen nicht von der Feldstärke abhängige) Menge

1) Annales de Chemie et de Physique **28**, 390, 1850.

von Ionen erzeugt wird. Es kann daher, ohne Rücksicht auf die vorhandene Anfangsladung, keine grössere Elektrizitätsmenge in der Zeiteinheit durch die sogenannte Zerstreuung verschwinden, als durch die unveränderliche Anzahl der während dieser Zeit gebildeten entgegengesetzt geladenen Ionen neutralisiert wird.

Die Erscheinung entspricht vollkommen der von Herren J. J. Thomson und E. Rutherford an künstlich in anormaler Weise leitend gemachter Luft gefundenen Thatsache, dass die Intensität eines durch sie geleiteten Stromes bei Steigerung der Potentialdifferenz einem Grenzwerte zustrebt.[1])

Vielleicht ist der Zusatz nicht überflüssig, dass ein Einfluss des Tageslichtes oder der künstlichen Beleuchtung in keiner Weise merklich war.

Eine Folge der aufgestellten Annahme ist, dass durch Erregung eines von dem des Zerstreuungskörpers unabhängigen elektrischen Feldes in dem abgeschlossenen Raume die Zerstreuung vermindert werden muss, indem dies zweite Feld einen Teil der entstehenden Ionen in seinen Kraftlinien zu laufen zwingt. Man erreicht dies leicht, indem man die Glocke mit einem Stanniolring umgiebt, den man mit dem einen Pole einer Reihe von Akkumulatorzellen verbindet, während der andere zu dem Metallteller des Apparats geführt und daher zur Erde

1) J. J. Thomson and E. Rutherford. Phil. Mag. **42**, 392, 1896.

abgeleitet ist. Es wird auf diese Weise ein elektrisches Feld zwischen dem Schutzcylinder EE^1 und der Innenwand der Glocke hergestellt.

Es wurden z. B. die folgenden Messungen bei positiver Ladung des Elektroskops erhalten:

	Stanniolring zur Erde abgeleitet	Stanniolring negativ geladen mit 2 Zellen	Stanniolring negativ geladen mit 8 Zellen	Stanniolring positiv mit 8 Zell. geladen	Stanniolring wieder zur Erde abgeleitet
Verlust in Volt in 15′	46,7	37,8	27,9	25,9	45,2
Verlust in Prozenten der Anfangsladung in 1′	1,93	1,60	1,14	1,08	1,93

(Die Luft unter der Glocke hatte 8 Tage ruhig gestanden.)

Man erkennt, dass die Ionen in der, längere Zeit in Ruhe gewesenen Luft beweglich genug waren, den Kräften eines durch 2 Akkumulatorzellen erregten Feldes zu folgen, es möge hinzugefügt werden, dass auch schon ein Zinkkohle-Element genügte, die Zerstreuung merklich zu verringern.[1])

Ein gewisses Leitvermögen, ein normaler Ionengehalt erscheint somit als eine notwendige Eigenschaft der Luft.

1) Der Versuch ist demjenigen ganz analog, durch den Herr W. Giese die Ionenleitung der Flammengase nachwies. Wied. Ann. 17, S, 570, 1882.

(Eingegangen 12. November 1900).

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Der heutige Stand der Theorie des Erdmagnetismus.

Von A. Nippoldt.

(Fortsetzung und Schluss.)

Als nun derart erkannt worden war, dass die Grundlage von Gauss eine richtige war, ging man dazu über, seine Theorie weiter auszubauen[1]). — Was bei allen magnetischen Karten zunächst auffällt, ist die scheinbare Unregelmässigkeit in der Verteilung des Erdmagnetismus. Eine um eine beliebige Achse homogen magnetisierte Erde müsste für jeden Breitenkreis einen Mittelwert V_φ des Potentiales ergeben $= C \sin \varphi$. Nun liegt der Gedanke nahe, dass die thatsächliche Verteilung eine Übereinanderlagerung eines homogenen und eines störenden Feldes ist. Dies Gefühl bestimmte v. Bezold, für die einzelnen Breitenkreise Mittelwerte zu bilden und aus den Differenzen gegen die Einzelwerte „Isanomalen des erdmagnetischen Poten-

1) Auf Wunsch der Redaktion sei für die bis hierher besprochenen Arbeiten folgende Übersicht nachgetragen: H. Fritsche: Die Bestimmung der Koeffizienten der Gaussischen Theorie u. s. w. St. Petersburg 1897. Autographie. — Ad. Schmidt: Der magnetische Zustand der Erde zur Epoche. 1885. Archiv d. Seewarte. **21**, 1898. — A. W. Rücker, Results of the Recent Magnetic Survey of Great-Britain. Terr. Magn. **1**, 105, 1896. — V. Carlheim-Gyllenskiöld: Mémoire sur le magnétism terrestre dans la Suède méridionale. Vet. Ah. Förh. 27. Stockholm. — W. v. Bezold: Der normale Erdmagnetismus. Berl. Sitzber. **50**, 1119, 1895. — W. v. Bezold: Zur Theorie des Erdmagnetismus. Ebenda. **48**, 414, 1897. — J. Liznar: Magnetische Aufnahme Österreich-Ungarns und das erdmagnetische Potential. Meteor. Zeitscnr. **15**, 175, 1898. — L. A. Bauer: Vertical Earth-Air Electric Currents. Terr. Magn. **2**, 11, 1897. — Elster und Geitel: Methode, die Richtung elektrischer Vertikalströme zu bestimmen Terr. Magn. **3**, 49, 1898.

tials" zu bestimmen.[1]) So entstand der Begriff eines „normalen Potentials". Aus der Definition der Anomalien als Abweichungen vom Mittel ergiebt sich, dass auf jedem Parallelkreis mindestens zwei Punkte normalen Magnetismus sich befinden müssen; die solche Punkte verbindende Linie heisst die „Normale" des erdmagnetischen Potentials. Ist dy das Element eines Meridians, so ergiebt sich, da das normale Potential V_n für jeden Breitenkreis konstant ist, $\frac{\partial V_n}{\partial y} = 0$. Ist V_a das anormale Potential, also $V = V_n + V_a$, so ergiebt sich also $\frac{\partial V}{\partial y} = \frac{\partial V_a}{\partial y} = Y$, d. h. „die Kenntnis der Anomalien für alle Punkte der Erde reicht aus, um überall die östliche Komponente der Intensität zu berechnen". Weiter ist danach V_a bis auf eine Konstante eine Funktion der Länge, die sich einfach berechnet. Die Konstante aber ist jener Wert, den die Funktion im Schnittpunkt des betreffenden Breitenkreises mit der Normalen des Potentiales annimmt. Also „genügt die Kenntnis der östlichen Komponente des Erdmagnetismus für die ganze Erde, um alle Anomalien zu berechnen, also auch zu zeichnen; man braucht nicht auf die Mittelwerte des Potentials zurückzugehen". In diesen Sätzen wird man unschwer eine Ausbildung jener von Gauss entdecken, wonach aus allen Westkomponenten für die Erde und allen Nordkomponenten längs einer Linie von Pol zu Pol sich für jeden Punkt das Potential berechnen lässt. Bezold findet bei der Berechnung seiner Isanomalen, dass der normale Teil fast genau proportional ist mit dem Sinus der Breite. Das liegt implicite schon in der Definition der Anomalien. Erwähnt sei noch, dass Schmidt untersucht hat, ob irgend eine Achse existiert, die als Achse der homogenen Magnetisierung gedacht, das Gesetz $V_n = C \sin \varphi$ noch besser erfüllt, als die Rotationsachse der Erde, jedoch keine ausgesprochen bessere gefunden hat.[2])

Nun entspricht aber auch das erste Glied der Gaussischen Kugelfunktionsreihe einer homogenen Magnetisierung der Erde, da diese in erster Annäherung durch $g^{1,0} \sin \beta = \frac{V}{R}$ dargestellt wird, wo $g^{1,0}$ der Koeffizient des ersten Gliedes in der Gaussischen Bezeichnungsweise ist. Auf diesen Punkt machte zuerst L. A. Bauer aufmerksam, indem er zeigte, dass jenes erste Glied das Potential einer Eisenkugel darstellt, welche so gross wie die Erde, parallel zu deren Achse magnetisiert und von dem Moment $g^{1,0} R^3$ ist.[1]) Hiermit ist gewissermassen eine physikalische Analyse der Kugelfunktionsreihe begonnen, und Bauer ging auf diesem Wege auch weiter, indem er jenes Feld untersuchte, das überbleibt, wenn man das normale abzieht.

Eine bessere Annäherung lässt zu dem Gliede $g^{1,0} \sin \beta$ noch einige weitere treten, die dem Umstande zuzuschreiben sind, dass die homogene Magnetisierung der Erde um eine gegen die Rotationsachse geneigte Achse erfolgt ist; und so definiert Bauer auf Grund von Schmidts Rechnungen die normale Magnetisierung als die, welche durch eine homogene Magnetisierung um eine Achse entstanden ist, welche die Nordhalbkugel der Erde in 78° 34'.3 Breite und in 68°30'.6 westlicher Länge von Greenwich schneidet und die das Moment 0.32298 R^3 $C. G. S$ besitzt. Die Komponenten des überbleibenden (residualen) Feldes ergeben sich rein subtraktiv aus denen des normalen; aus ihnen lässt sich dann wieder das gestörte Feldpotential leicht berechnen.[2]) Das Resultat ist die Konstatierung von drei Polpaaren, je ein Südpol in Afrika, südlich von Australien und südlich von den Aleuten, je ein Nordpol in China, bei Südgeorgien und in Nordamerika. Es würde hier zu weit gehen, alle Gesichtspunkte zu erwähnen, die sich aus den hier besprochenen Untersuchungen von Bauer ergaben, die Arbeit ist noch ganz neu und die Erforschung der physikalischen Natur des überbleibenden Feldes daher eben erst angebahnt, nur bemerkt sei hier, dass sich grosse Übereinstimmungen zeigen mit dem Kraftfeld der täglichen Variationen, von dem nachher zu sprechen ist, und mit den Jahresisanomalen der Temperatur. Es wird das überbleibende Feld also gerade wie letztere dem Einfluss der Kontinente zuzuschreiben sein. —

Eine andere, wenn auch nicht wesentliche Annahme von Gauss ist, dass der Sitz der erdmagnetischen Kraft innerhalb der Erde zu suchen ist; er liess jedoch schon die Möglichkeit offen, dass ein kleiner Anteil seinen Ursprung ausserhalb habe. Dieser Punkt ist schon in der Schmidtschen Berechnung berücksichtigt, in anderer Weise neuerdings von J. Liznar in Angriff genommen worden.[3]) Setzt man in die Kugelfunktionsreihe des Artikels 17 der Gaussischen Theorie für den radius vector r den um die Höhe h vermehrten Erdradius ein und vernachlässigt Potenzen von $\frac{h}{R}$, so ergiebt sich für das Potential in der Höhe h die Gleichung $V_h = R^2 V_0 (R + h)^2$, wo V_0 das

1) W. v. Bezold: Isanomalen des erdmagn. Potentials. Berl. Sitzber. **48**, 1895.

2) Ad. Schmidt: Verteilung der Erdmagn. in Bezug auf beliebige Durchmesser. Terr. Magn. 1898.

1) Siehe W. v. Bezold: Normaler Erdmagn. l. c.

2) L. A. Bauer: Physical Decomposition of the Earth's Permanent Magnetic Field. Terr. Magn. **4**, März 1899.

3) J. Liznar: Änderung der erdmagnetischen Kraft mit der Höhe. Wiener Sitzber. **107**, 753, 1898.

Potential auf der Erde ist. Entsprechend ist $X_h = R^3 X_o / (R + h)^3$; $Y_h = R^3 Y_o / (R + h)^3$; $Z_h = R^3 Z_o / (R + h)^3$. Bei der Kleinheit von h genügt die Auflösung nach Näherungsformeln, wodurch sich die durch die Höhenzunahme bewirkten Variationen, wie folgt ergeben:

$$\triangle X = -3 \frac{h}{R} X_o; \quad \triangle Y = -3 \frac{h}{R} Y_o; \quad \triangle Z_h = -3 \frac{h}{R} Z_o; \quad \triangle H = 3 \frac{h}{R} H_o; \quad \triangle T = -3 \frac{h_o}{R} T_o;$$

$$\triangle \delta = \triangle i = o$$

Die Winkel ändern sich also garnicht, die Intensitäten linear, wobei jedoch die Annahme zu Grunde liegt, dass die Abnahme mit der Höhe nur von der Zunahme der Entfernung von der Erde abhängt. Liznar nahm als Ausgangswerte an: $X_o = H_o = 0.21$; $Y_o = 0.033$; $Z_o = 0.4$; $T_o = 0.45$ *C.G.S.*, Werte, die nach seiner Vermessung von Österreich-Ungarn für $\varphi = 46^0 40'$, $\lambda = 17^0.6$ und die Epoche 1890.0 gelten. Die Stationen nach drei Höhengruppen ordnend, findet er zwischen den beobachteten und berechneten Abnahmen mit der Höhe Differenzen, aus denen er schliesst, dass auch ausserhalb der Erdrinde magnetische Kräfte zu finden sind, und es für nötig hält, Landesaufnahmen auf ein gemeinsames Niveau zu reduzieren. Es sei hier bemerkt, dass es Trabert in seiner oben citierten Abhandlung nicht gelungen ist, aus der Theorie der Luftelektrizität quantitativ ein magnetisches Feld zu berechnen, das von Strömen parallel der Erdoberfläche ausgeübt, dem Liznarschen äquivalent wäre. Das spricht nicht gegen Liznars Annahme, sollte aber dazu anregen, über die Abnahme mit der Höhe noch eingehendere Untersuchungen anzustellen, wie dies Liznar auch durch Vorschlag der Errichtung eines Höhenobservatoriums thut. Hier sei nur kurz bemerkt, dass man sich als Ursache der Abnahme recht wohl auch eine Art Massenwirkung denken kann, wie sie im Gebiete der Lotabweichungsmessungen vorkommen. Palmieri[1]) hat gezeigt, dass die Erdströme an Bergen hinansteigen; ein derart schief aufsteigender Strom muss ein störendes Kraftfeld abgeben. Dies zu untersuchen, müsste man Kurvenintegrale rund um ein Gebirge legen.

Alle bisher angeführten Untersuchungen beziehen sich auf jenen Teil des Erdmagnetismus, den man den konstanten nennt. Er ist dies nur relativ zu den kurzen Perioden der grossen Variationen. Reduziert man für einen Ort alle im Jahre gemessene Werte in jedem Jahre auf dieselbe Epoche, so ist der Inbegriff aller Änderungen in diesen Werten von Jahr zu Jahr die sogenannte „säkulare Variation". Sie ist diejenige magnetische Variation, die man am schlechtesten kennt, erstens weil eine so lange Zeit vergehen muss, bis man genügend viel Beobachtungsdaten hat, zweitens weil ältere Messungen sehr unsicher sind und drittens weil auch heute noch die Genauigkeit in der Bestimmung der Inklination und Vertikalintensität so sehr gering ist, im Vergleich mit der der anderen Elemente.

Einer theoretischen Untersuchung ist die säkulare Variation erst spät unterworfen worden. Gauss und Weber haben einfach eine Gleichung zweiten Grades in der Zeit aufgestellt. Später haben einzelne Forscher Besselsche Reihen (das sind Fouriersche mit endlicher Gliederzahl) herangeholt. Allein solche Versuche sind wenig versprechend, denn erstens ist in Bezug auf die zu Grunde zu legende Periode jeder willkürlichen Annahme Raum gegeben, und ausserdem ist es sehr fraglich, ob von einer säkularen „Periode" überhaupt die Rede sein kann. Bemerkt muss jedoch werden, dass Weyer in seiner Methode der Anwendung Besselscher Reihen einen glücklichen Griff gethan hat, indem seine Darstellung des ersten Gliedes der Reihe mit den Untersuchungen Bauers, die nun folgen sollen, Ähnlichkeiten ergiebt.[1])

L. A. Bauer untersuchte jene Kurve, die der Nordpol eines in seinem Schwerpunkt frei aufgehangenen Magneten infolge der säkularen Änderung in Deklination und Inklination beschreibt.[2]) Das eine Resultat ist, dass vom Schwerpunkt aus betrachtet diese Kurven auf der ganzen Erde im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers durchlaufen werden (Ausnahmestellen sind kleinere Schleifen), das andere aber, dass fast dieselbe Kurve beschrieben wird, wenn man momentan den Magneten auf seinem Breitenkreise rund um die Erde führt. Mit anderen Worten heisst das nämlich, dass der konstante Teil des Magnetismus sich über die Erde verschiebt. Selbstverständlich ist dies Resultat eine erste Annäherung, genauere Untersuchungen werden es modifizieren. Ein erster Schritt hierzu ist in der eleganten Theorie Carlheim-Gyllenskiölds zu sehen.[3]) Diese Theorie stellt sich über die Eigenheiten des Ortes, indem sie die säkulare Variation des gesamten Erdpotentiales betrachtet, also nicht nur die irgend eines Elementes an einigen Orten. Zu diesem Zwecke berechnet der Verfasser aus sämtlichem geeigneten Materiale für 23 verschiedene Epochen die Kugelfunktionen $h^{i,n}$ $g^{i,n}$. Dies geschieht, soweit das Beobachtungsmaterial es verlangt, durch succes-

1) L. Palmieri, Correnti telluriche all' Osservatorio Vesuviano. Atti di Napoli **8**, Nr. 4, 1897.

1) Meyer, Nova acta **58**, 3, 1895.

2) L. A. Bauer, das Wesen der Säkularvariation. Diss Berlin 1895.

3) V. Carlheim-Gyllensköld, Sur la forme analytique de l'attraction magnétique de la terre. Astron. Jaktag., **5**, Nr. 5. Stockholm, 1896.

sive Näherung, auf deren Einzelheiten hier jedoch nicht näher eingegangen werden kann. Den zeitlichen Verlauf stellt er sodann sinngemäss dar, indem er die $h^{i,n}$, $g^{i,n}$ vom gleichen n durch einen Koeffizienten $\alpha_n^{(i)}$, und eine Angulärkonstante $\beta_n^{(i)}$ ausdrückt, wo $\alpha_n^{(i)} = \frac{g^{i,n}}{\sin \beta_n^{(i)}}$ ist. Das ist aber nichts weiter als eine Besselsche Reihe, worin in jedem Gliede $\alpha_n^{(i)} \cdot \cos n\,(\omega + \beta_n^{(i)})$ $\alpha_n^{(i)}$ das magnetische Moment einer Welle n^{ter} Ordnung ist und $\beta_n^{(i)}$ der Richtung des Feldes entspricht. Es ergab sich dabei das Gesetz, dass $\alpha_n^{(i)}$, also das Moment des Feldes konstant bleibt, seine Richtung aber variiert. Das ist ein ähnliches Resultat, wie das eben citierte von Bauer, nur dass Gyllenskiöld gleichzeitig zeigen konnte, dass die Felder verschiedener Ordnung unabhängig nebeneinander existieren, indem die Richtungsänderungen verschiedene Perioden einhalten. Die Richtungsänderungen verlaufen proportional mit der Zeit, d. h. die einzelnen Felder rotieren mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Erde. Das erdmagnetische Potential, das also Gauss für eine Epoche, d. h. für einen gegebenen Moment darstellt, fasst derart Gyllenskiöld allgemeiner als eine Funktion der Zeit auf, giebt es also durch eine Form wieder $V = P_n^{(i)} \alpha_n^{(i)} \cos (n\omega + n\gamma_n^{(i)} + n m_n^{(i)} t)$, wo $n m_n^{(i)} t$ die einzige Variabele ist. Fasst man als Hauptachse der Magnetisierung der Erde die Richtung des Hauptmomentes auf, so ergiebt sich, das diese magnetische Achse um die Rotationsachse in 3147 Jahren einen Konus von 23° 28′ Öffnung beschreibt.

Diese rechnerische Analyse der Beobachtungen ist aber nur die Einleitung zu einer physikalischen. Das Gesamtbild der rotierenden Felder stellt ein System vor, dass auf die Erde induzierende Kräfte ausübt. Das von ihm auf der Erde induzierte Potential sei Ω, das Potential des Feldes selbst V'. Nach Poisson entspricht jedem Kugelfunktionsglied des Feldes V' ein proportionales in Ω. Für ein jedes Glied in Ω gilt also $\Omega^{(i)} = N_i V'^{(i)}$ oder für das gesamte induzierte Potential $\Omega = \sum_{i=1}^{\infty} N_i V'^{(i)}$. Für das permanente Potential, dem das induzierte aufgelagert ist, ist natürlich $\frac{dV}{dt} = \Omega$ also gleich obiger Summe. Hieraus ergiebt sich für die Variation der Angulärkonstanten $\beta_n^{(i)}$ des Gesamtfeldes mit der Zeit die Differentialgleichung $\frac{d\beta_n^{(i)}}{dt} = -\frac{N_i \alpha'^{(i)}_n}{n\,\alpha_n^{(i)}} t + C$ und für die gegebenen Verhältnisse wird $m_n^{(i)} = -\frac{N_i \alpha'^{(i)}_n}{n\,\alpha_n^{(i)}}$ und die Rotationsgeschwindigkeit des Feldes $_n^{(i)}$ wird $-2\pi \frac{n\,\alpha_n^{(i)}}{N_i \alpha'^{(i)}_n}$. In Worten: die Koeffizienten des Gesamtfeldes sind Brüche aus den Koeffizienten des permanenten und des influenzierenden Feldes, die Winkelkonstanten sind um $\frac{\pi}{2n}$ verschieden von denen des permanenten.

Nun denkt Gyllenskiöld sich als influenzierendes Feld ein System elektrischer Ströme in der Atmosphäre und wendet Hertz' Untersuchungen über die Rotation einer magnetisierten Kugel in einem solchen Felde an und findet Übereinstimmung mit seiner Theorie, wenn das elektrische Kraftfeld entgegen der Erdrotation rotiert.

Hiermit ist zwar die Existenz solcher Ströme nicht erwiesen, denn jede magnetische Erscheinung lässt sich so auffassen, als rühre sie von elektrischen Strömen her, allein die Möglichkeit ist immerhin eine grosse, denn auch Schuster konnte nachweisen, dass die säkulare Änderung der Magnetisierung der Erde sich aus induzierten Strömen des Weltraumes erklären lässt, wenn man diesem eine Leitungsfähigkeit zuschreiben kann.[1]) Hierher gehören auch die Ideen von A. Korn,[2]) der die ihm so geläufige hydrodynamische Theorie der Gravitation heranzieht, um den Umstand zu erklären, dass die Erde in Richtung ihrer Rotationsachse magnetisiert ist, und Wesselys Idee, die Transportation der magnetischen Erde in ihrer Bahn als einem Verschiebungsstrom entsprechend zum gleichen Zwecke heranzuziehen.[3]) —

Im Gegensatze zu den Erscheinungen des konstanten Magnetismus stehen die periodischen, worunter man alle versteht, welche dem Charakter nach sich nach ein und derselben Zeit wiederholen. Der Charakter ist definiert durch die Anzahl und Lage der Extreme, wo hingegen die Amplitude meist wieder in längeren Zeiten periodisch ist, d. h. die Erscheinung kehrt in derselben Gestalt und Grösse erst nach längerer Zeit wieder. Wo die Periode genau bekannt ist, lässt sich die Erscheinung durch eine Reihe fluktuierender Funktionen darstellen. Betrachtet man z. B. tägliche Verläufe als Funktion der Tagesstunden allein, so bedient man sich Fourierscher Reihen, sieht man sie auch als Funktionen des Monats an, so sind Kugelfunktionen zu verwenden, und will man sie auch als Funktion etwa der sogenannten elfjährigen Periode darstellen, so sind elliptische Lamésche Funktionen zu brauchen. Solche Darstellungen

1) A. Schuster, Electric Currents induced by rotating, magnets, u. s. w. — Ter, Magn. **1**, 1, 1896.

2) A. Korn, Entstehung des Erdmagnetismus nach der hydrodynamischen Theorie. Münchener Sitzber. **129**, 1898.

3) Wessely, Gruners Archiv, 1899.

sind dann, wie der Verfasser dieses Berichtes an anderer Stelle gezeigt hat, sinngemässe, d. h. die Zusammensetzung der Funktionen aus einzelnen ebenen Kugel- oder Raumwellen entspricht der physikalischen Entstehung der Erscheinung. Im einzelnen ist die Handhabung und die Kritik der Methoden zu weitläufig, um hier darauf einzugehen, nur sei bemerkt, dass die Aufgabe aller harmonischen Entwicklungen die ist, in erster Annäherung das physische Gesetz zu ermitteln, dem die Erscheinung gehorcht; in der Folge ist dann die Aufgabe, unter Fallenlassen der Annahme harmonischer Beziehungen der Wellenlängen, die thatsächliche Übereinanderlagerung der einzelnen Ursachen zu erforschen. Für diese Anwendung harmonischer Funktionen soll in Zukunft die Bezeichnung „harmonische Analyse" reserviert bleiben. Vorbedingung zu ihrer Anwendung ist übrigens, dass die zu Grunde zu legende Periode bekannt und reell ist, d. h. thatsächlich existiert. Es kann nämlich vorkommen, dass eine Periode nur durch Interferenz zustande kommt. So glaubte man einen Zusammenhang gefunden zu haben zwischen Erdmagnetismus und Sonnenrotation (26tägige Periode), die Schuster als Folge einer solchen Interferenz nachweisen konnte. Dies gelang ihm mit Hilfe seiner Methode „verborgene (hidden)" Perioden zu entdecken, über die an anderer Stelle in dieser Zeitschrift eingehend berichtet werden wird. [1])

Unter allen Variationen ist die tägliche die einzige, welche bis jetzt im Anschluss an die Gaussische Theorie des konstanten Magnetismus entwickelt worden ist, indem man die Kräfte erforschte, denen sie zuzuschreiben ist. Schuster, der erste, der diese Frage in Angriff nahm, setzte von vornherein voraus, dass das System jener Kräfte ein Potential besitzt und ohne in sich Veränderungen zu erleiden in 24 Stunden sich um die Erde dreht.[2]) Bezold machte jedoch darauf aufmerksam, dass diese Hypothese aus zwei selbständigen Teilen besteht, nämlich aus den Annahmen: „der normale tägliche Verlauf wird von einem Kräftesystem hervorgebracht, das in sich unveränderlich sich im Laufe eines Tages um die fest stehend gedachte Erde herumdreht" und der anderen „dies System habe ein Potential".[3])

Schon für den Fall, dass nur die erste Hypothese erfüllt ist, ergeben sich einige wichtige Gesetzmässigkeiten. In diesem Falle ist nämlich die tägliche Variation entweder nur eine Funktion der Tageszeit oder der geographischen Länge, d. h. sie ist für jeden Punkt ein und desselben Breitenkreises dieselbe. Da dies Resultat aus den üblichen Darstellungsarten der täglichen Variation jedoch nicht mit genügender Deutlichkeit erhellte, ersann Bezold eine neue Art der Darstellung, seine „Vektordiagramme". Hat man die tägliche Variation der Deklination und Horizontalintensität in der Form der rechtwinkligen Koordinaten XY, d. h. die Komponente in der Nord-Süd- und West-Ost-Richtung, so lässt sich leicht eine geschlossene Kurve zeichnen, welche die Endpunkte der Vektoren der einzelnen Tagesstunden verbindet und so ein Vektordiagramm bildet. Das Wesentliche daran ist die astronomische Orientierung, denn nur hierbei ergiebt sich für einen jeden Punkt des Parallelkreises dasselbe Diagramm.

Interessanter ist die Annahme, dass das System ein Potential besitzt. Auch hier sind die beiden Fälle möglich, dass es in sich unverändert bleibt und dass es sich periodisch ändert. Da in dem ersteren Falle die tägliche Variation ebenfalls nur eine Funktion der Breite und der Länge ist, so ergeben sich für dies Potential V_d des täglichen Feldes sehr einfache Gesetze, die in Analogie stehen zu denen des konstanten Feldes. Für die beiden Horizontalkomponenten gelten die Gleichungen

$$X_d = \frac{\partial V_d}{\partial x} = \frac{1}{R}\frac{\partial V_d}{\partial \varphi}; \quad Y_d = \frac{\partial V_d}{\partial y} = \frac{1}{R}\frac{\partial V_d}{\cos\varphi\,\partial\lambda}.$$

Führt man für λ den Zeitunterschied gegen einen Normalmeridian ein $\lambda = \frac{2\pi}{T}(t - t_0)$, so ergiebt sich aus diesen Gleichungen

$$\frac{V_d}{R} = \int X_d\,d\varphi + C_1 = \frac{2\pi}{T}\cos\varphi \int Y_d\,dt + C_2$$

C_1 muss Null sein für $\varphi = +\frac{\pi}{2}$, d. h. für die Pole, da ein konstanter Wert eben definitionsgemäss zum Felde des konstanten Magnetismus gehören würde. Das besagt aber, dass

$$\frac{V_d}{R} = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\varphi} X_d\,d\varphi = -\int_{\varphi}^{+\frac{\pi}{2}} X_d\,d\varphi$$

oder, da die Y-Komponente sich ähnlich verhält: „die Kenntnis einer der beiden Horizontalkomponenten an allen Punkten der Erde genügt, das Potential der täglichen Variation für alle Punkte und damit auch jede andere Komponente zu bestimmen". Es zeigt sich also, dass die X_d und Y_d nicht voneinander unabhängig sind, falls ein Potential vorhanden ist. Indem Bezold nun mit den notwendigen Modifikationen seine Integration längs eines Kugeltrapezes heranholt, gelangt er zu dem Satze: „Kennt man für irgend einen Punkt der Erdoberfläche

1) A. Schuster, Investigation of Hidden Periodicities u. s. w. Terr. Magn. **3**, 13, 1898 und The Possible Effekt of Solar-Magnetisation. Phil. Mag. 395, 1898.

2) A. Schuster, l. c.

3) W. v. Bezold, Theorie des Erdmagnetismus, l. c.

(d. h. für seinen ganzen Breitenkreis) den Wert der Nordkomponente X_d für eine Zeit t_1 und die Ostkomponente für den Zeitraum t_1 bis t_2 und $\frac{\partial Y_d}{d\varphi}$ für jeden Zeitpunkt des Intervalles, dann ergiebt sich der Wert X_d am Ende aus

$$X_{d_2} = X_{d_1} + \frac{2\pi}{T}\int_{t_1}^{t_2}\left(\frac{\partial Y_d}{\partial\varphi}\cos\varphi - Y_d \sin\varphi\right) dt.\text{"}$$

Mit Hilfe dieses Satzes lässt sich also die Hypothese eines täglichen Potentials prüfen.

Während so Bezold die Theorie des Feldes der täglichen Variation entwickelte, berechnete es Schuster aus den harmonischen Koeffizienten der täglichen Variation der Horizontalintensität an vier Orten der Erde auf Grund der Annahme, dass es in sich unveränderlich ist und ein Potential hat. Auch graphisch stellte er es dar, jedoch nur in einem schematischen Netz, das die Verhältnisse nicht so gut wiedergeben kann, als Bezolds Darstellung auf einer Erdkarte in Mercatorprojektion. Diese Wiedergabe zeigt sofort eine grosse Menge von wichtigen Einzelheiten, namentlich die stärkeren Gradienten auf der Nordhalbkugel und die Existenz je eines positiven und eines negativen Attraktionscentrums auf jeder Halbkugel. Diese Centren bewegen sich auf den sogenannten Rossbreiten um die Erde und eilen der Sonnenkulmination voraus. Alles das lässt auf meteorologische Einflüsse schliessen. Es werden elektrische Ströme sein, welche durch die allgemeine Luftcirkulation beeinflusst werden.

Schuster untersucht dies näher. Obwohl zur Kenntnis des Potentials V_d, wie eben gezeigt, die Kenntnis der horizontalen Komponenten genügt, hat Schuster dennoch auch die vertikale der harmonischen Analyse unterworfen, um zu unterscheiden, ob die Ursache der täglichen Variation ihren Sitz innerhalb oder ausserhalb der Erde besitzt. Ist Π_n eine Kugelflächenfunktion zweiten Grades in der Reihe für $\frac{V_d}{R}$, so ist, da die Vertikalintensität $Z_d = \frac{dV_d}{dR}$, die entsprechende harmonische Funktion in der Reihe für z bei äusseren Kräften $n\Pi_n$ bei inneren $-(n+1)\Pi_n$. Schuster berechnet den täglichen Verlauf der Vertikalintensität unter beiden Annahmen und findet, dass nur bei Annahme äusserer Kräfte der Sinn der Variation so sich ergiebt, wie er beobachtet wurde. Die Ursache der täglichen Variation liegt also ausserhalb der Erdrinde. Dies können nur elektrische Ströme sein und Schuster untersucht schliesslich noch an der Hand von Lambschen Betrachtungen den Einfluss der von diesen atmosphärischen Strömen erzeugten Induktionsströme in der Erde auf die Magnetnadel.

Mit dieser Schuster-Bezoldschen Theorie der täglichen Variation ist ein noch unabsehbares Forschungsgebiet neu eröffnet worden, das namentlich deshalb interessant ist, weil es zu einer Erklärung des Zusammenhangs der magnetischen mit den meteorologischen Erscheinungen führen wird. —

Von den übrigen Variationen des Erdmagnetismus liegen nur einzelne Untersuchungen vor, keine zusammenfassenden Theorien. Die jährliche Variation ist bis jetzt noch nicht rein zu erhalten, indem in ihr die säkulare Änderung und aber auch namentlich die Variation in den Basiswerten der Magnetometer enthalten sind, sie ausserdem sehr klein ist. Nach einem bekannten Gesetze, wonach die Strahlungsmenge, welche die Sonne der Erde schickt, gerade umgekehrt wächst wie die Zeitdauer, während der sie wirkt (infolge der Elliptizität der Erdbahn), kann nur die Neigung der Erdbahn eine jährliche Variation eines geophysikalischen Elementes hervorrufen, daher denn die jährliche Amplitude immer klein ist gegen andere Variationen.

Eine 26tägige, mit der an sich so schlecht bekannten Sonnenrotation zusammenhängende Periode hat sich als Trugschluss erwiesen, wie oben angedeutet. Nur die sogenannte elfjährige Sonnenfleckenperiode und eine tägliche Periode nach Mondstunden scheint mit Sicherheit vorhanden zu sein.

Die Länge der Sonnenfleckenperiode schwankt, desgleichen aber auch nach Ellis Untersuchungen die Periode der täglichen Amplitude in Deklination und Horizontalintensität in demselben Masse.[1] Dass beide Variationen ursächlich miteinander verbunden sind, ist daher wohl fraglos, und es ist ziemlich wahrscheinlich, dass die durch die Sonnenfleckenmenge beeinflusste thermische und elektrische Strahlung der Sonne die Ursache der elfjährigen Periode in der Amplitude der täglichen Variation und der Häufigkeit der Störungen ist.

Was eine Störung ist, ist heute noch nicht eindeutig definiert, am wenigsten aber dem Wesen nach. Wahrscheinlich giebt es zwei verschiedene Arten von Störungen, solche, welche kosmischer Natur sind und auf dem ganzen Gebiet, wo sie auftreten, nach Weltzeit synchron auftreten, und solche, welche an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten beobachtet werden. Ad. Schmidt hat neuerdings nachweisen können, dass die unteren Schichten der Atmosphäre von elektrischen Stromwirbeln durchlaufen werden können, welche als ein Beispiel für solche Störungen terrestrischer Natur gelten mögen.[2]

1) W. Ellis, Diurnal Range of Deklination and Horizontal Forre and the Period of Solar Spot Frequency. Proc. Roy. Soc. **63**, 64, 1898.

2) Ad. Schmidt, die Ursache magnetischer Stürme. Meteor. Zeitschr. **16**, 385, 1899.

Die Störungen im allgemeinen nehmen mit wachsender geographischer Breite zu, so dass z. B. die Bezoldschen Vektordiagramme für Polargegenden, wie Lüdeling gezeigt hat, durch die Störungen gerade den umgekehrten Umlaufssinn annehmen als für mittlere Breiten. Eliminiert man die gestörten Tage, so wird der Umlaufssinn wie sonst auf der Erde.[1]) —

Überblickt man die Resultate der neueren Forschung, so kann man sie wie folgt vereinen.

Der auf irgend eine Epoche reduzierte, also von Variationen befreite Erdmagnetismus hat ein Potential. Diesem ist ein Kraftsystem aufgelagert, das die Variationen erzeugt und der Gestaltung nach wesentlich abhängt von der thermischen und elektrischen Strahlung der Sonne. Reduziert man seinerseits dieses System auf andere Änderungen, so umläuft es, in erster Annäherung, im Laufe eines Tages ungeändert die Erde, kann ein Potential besitzen und mag in weiterer Annäherung eine Funktion der geographischen Eigenschaften der Längegrade sein. Eliminiert man nur säkulare Änderungen, so bringt die Neigung der Erdachse eine jährliche Periode dieses Systems hervor. Die säkulare Variation bringt eine successive Verschiebung des Systems über die Erde zustande, und da die geographischen Eigenschaften der Längegrade (Verhältnis von Wasser zu Land in erster Linie) erhalten bleiben, so ist dies äquivalent mit einem säkularen Kraftfeld, das zunächst aus zwei Teilen besteht, der Verschiebung des Systems und dem Einfluss des konstanten Magnetismus. Dieser selbst kann dann wieder für sich zu- oder abnehmen, sei es infolge allmählichen Energieverlustes der Erde, sei es durch Verschiebung des ganzen Sonnensystemes im Potential des Raumes.

In den Variationen, namentlich in der Gestaltung des Feldes der täglichen Variationen, ist ein Zusammenhang mit meteorologischen Verhältnissen nicht zu verkennen und es erhebt sich die Frage, ob und inwiefern er ein direkter ist. Direkt ist der Zusammenhang mit der Sonnenthätigkeit, obwohl man hier bis jetzt nur Durchschnitts- und kaum Einzelerscheinungen betrachtet hat.

Wenn man bedenkt, dass die hier besprochenen Ergebnisse der neueren Forschung das Resultat der letzten fünfzehn Jahre sind, so muss man anerkennen, mit welch grosser Energie hier gearbeitet wurde. Aber noch charakteristischer als dieser plötzliche Aufschwung der erdmagnetischen Forschung ist das internationale Zusammenarbeiten der einzelnen Forscher. Dieser findet seinen äusseren Ausdruck in der Existenz der Zeitschrift „Terrestrial Magnetism“, die unter L. A. Bauers Leitung steht, dem permanenten internationalen erdmagnetischen Komitee und in dem Bestreben, in den verschiedenen Ländern nach gleichen Plänen zu arbeiten, wie dies z. B. die nächstes Jahr auslaufenden Südpolexpeditionen bezwecken.

1) G. Lüdeling, Tägl. Periode des Erdmagnetismus und der Störungen an Polarisationen. Terr. Magn., **4**, 245, 1899.

(Eingegangen 3. Oktober 1900.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Neues vom Telegraphon.[1])

I. Telegraphonischer Kommutator-Multiplikator.

In Heft 48 des ersten Jahrganges dieser Zeitschrift wurde ausführlich auf zahlreiche interessante Anwendungen des telegraphonischen Prinzips hingewiesen, unter anderem auch einer Telephon-Zeitung Erwähnung gethan, dazu dienend ein und dasselbe Gespräch von einem Stahlband in eine beliebig grosse Anzahl von Telephonleitungen zu übertragen. Die Anordnung war eine derartige, dass ein endloses Stahlband mit grosser Geschwindigkeit über zwei Rollen läuft. Das besprochene Stahlband transportiert das magnetisch fixierte Gespräch weiter und giebt es nacheinander an eine beliebig grosse Anzahl von Abhörmagneten wieder ab.[1])

Das Charakteristische dieses telegraphonischen Multiplikators besteht darin, dass das Stahlband bei der Poulsenschen Ausführungsform des Apparates einpolig beschrieben, also in seiner Längsrichtung magnetisiert wird, während bei dem Draht- resp. Bandtelegraphon[2]) der Stahldraht bezw. Band zweipolig, also quer zur Längsrichtung magnetisiert wird.

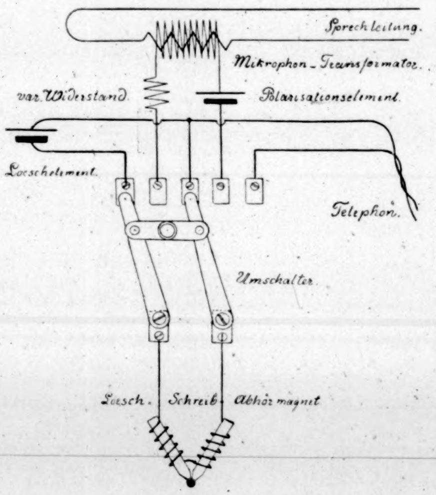
Die einpolige Magnetisierungsmethode des Gesprächsträgers hat den Vorzug einer grösseren Lautstärke in der Wiedergabe des Telephonogramms, erfordert aber der zweipoligen Schreibmethode gegenüber eine bedeutend grössere Geschwindigkeit des Stahlbandes, um die der

1) Vgl. diese Zeitschrift, **1**, 413, 470, 554 u. 570, 1899/1900; **2**, 1 u. 28, 1900/01.

1) Vgl. diese Zeitschrift, **1**, 555, Fig. 4.
2) Vgl. diese Zeitschrift, **1**, 554, Fig. 1.

Sprache entsprechenden magnetischen Berge und Thäler genügend klar zur Ausprägung zu bringen; so beträgt beispielsweise die mittlere Geschwindigkeit des Stahlbandes bei dem Poulsenschen Telegraphon ca. 2,5 m pro Sekunde, während dem Stahlbande der Telephonzeitung eine Geschwindigkeit von 30—50 m pro Sekunde erteilt wird.

Daher wird zur Zeit wegen der mechanischen Schwierigkeiten einer geeigneten Aufspeicherung der grossen Quantitäten des benötigten Stahlbandes und der Kostspieligkeit desselben[1]) die einpolige Schreibweise nur bei den Apparaten zur Anwendung gebracht, die wie die oben beschriebene Telephon-Zeitung zur sofortigen Weitergabe, nicht aber zur Aufspeicherung von Nachrichten auf längere Zeitdauer dienen.



Es soll im folgenden noch eines Apparates gedacht werden, der auch zu den Apparaten mit grosser Geschwindigkeit zählt und zur massenhaften Verbreitung von Telephon-Nachrichten dient. Er giebt die Nachrichten ebenfalls sofort weiter, ohne dieselben längere Zeit aufzuspeichern. Der Apparat interessiert hauptsächlich wegen der von den übrigen Ausführungsformen gänzlich abweichenden Anordnung des Gesprächsträgers. Er besteht aus einer etwa 4 cm breiten massiven Messingtrommel, auf deren Umfang ca. 1 mm voneinander entfernte Nuten von ca. 1 mm² parallel zur Achse der Trommel eingestossen sind. Diese Nuten sind mit Stahllamellen ausgelegt und der Umfang der Scheibe überdreht, so dass Messing- und Stahllamellen abwechseln. Die zweipoligen Sprech- und Hörmagnete sind an einem Gestell fest montiert und zwar derart, dass sie dem Umfang der Trommel möglichst nahe stehen und die Lamellen in ihrer Längsrichtung magnetisieren. Als Löschmagnet dient ein gewöhnlicher Hufeisenmagnet. Die Scheibe wird durch einen Elektromotor von $^1/_4$ *PS* in rasche Rotation versetzt.

Die Stahllamellen bilden hier einen unterbrochenen Gesprächsträger, so dass offenbar Teile der Sprache fortfallen müssen. Bei der grossen Rotationsgeschwindigkeit des Apparates ist unser Ohr aber nicht fähig, das Fehlen der in den Messinglamellen verloren gegangenen Teile des Phonogramms zu bemerken. Dasselbe ist äusserst lautstark und deutlich. Bei der Herstellung des Apparates muss auf eine gleichmässige Entfernung der Nuten sorgfältig geachtet werden, da sonst störende Nebengeräusche auftreten.

Verwendet man zehn Paar Abhörmagnete, so ist die Wirkung von zehn eingeschalteten Telephonen eine derartige, dass man das Phonogramm in einem Zimmer wahrnehmen kann, ohne einen der Hörer ans Ohr zu nehmen.

Versuche, die Wirkung durch längere Fernsprechleitungen zu übertragen, können als durchaus gelungen bezeichnet werden.

II. Einführung eines Polarisationselementes.

Die Verbindung des Schreibelektromagneten des Telegraphons mit der Sekundärwickelung der Mikrophon-Induktionsspule war bei der früher beschriebenen Anordnung eine direkte.[1])
Neuerdings sind in diesen sekundären Kreis ein oder mehrere Polarisationselemente und ein variabler Widerstand eingeschaltet worden, um die Eisenkerne des Schreibelektromagneten während der Aufnahme des Telephonogramms polarisieren zu können. Die jetzt zur Verwendung kommende Schaltungsweise zeigt nebenstehende Figur.

Durch die schwache Polarisation der „magnetischen Feder" wird erreicht, dass man auf einem möglichst günstigen Teil der Magnetisierungskurve arbeitet. Da mit Gleichstrom

1) Das Stahlband (3 mm breit, 0,05 mm dick) kostet etwa 0,30 Mk. pro Meter, d. h. für ein Bandtelegraphon von 15 Minuten Gesprächsdauer würden sich die Kosten des Stahlbandes bei einpoliger Schreibweise unter Zugrundelegung einer Geschwindigkeit von 30 m pro Sekunde auf 8100 Mk. belaufen; bei zweipoliger Schreibweise betragen sie nur 675 Mk. Die Länge des Bandes beträgt 27 km im ersten, $2^1/_4$ km im zweiten Fall. Es dürfte sich empfehlen, um eine praktisch brauchbare Form der Apparate zu erhalten, von der Verwendung des Stahlbandes abzusehen und zu dem viel billigeren Stahldraht zurückzukehren. Zur Zeit arbeiten die Erfinder bereits in dieser Richtung.

1) Vgl. diese Zeitschrift. 1, 414, 1900.

entmagnetisiert wird, so erzeugt die gleichmässige Magnetisierung des Stahldrahtes beim Schreiben eine verhältnismässig starke Polarisation des Eisenkernes, welche bei der Umspülung desselben durch die transformierten Sprechströme eine gute Ausprägung des Magnetophonogramms verhindert. Man hat daher die Richtung des Polarisationsstromes im sekundären Stromkreis so zu wählen, dass er den Eisenkern des Schreibelektromagneten in umgekehrtem Sinne zu magnetisieren sucht, wie der beim Löschen der Magnetschrift benutzte Entmagnetisierungsstrom. Die geeignete Polarisationsstromstärke wird durch den variablen Widerstand reguliert.

Die Schärfe und Deutlichkeit der Wiedergabe ist bei dieser verbesserten Anordnung eine bedeutend grössere als bei der gewöhnlichen Schaltungsweise. Bei Anwendung dieses Verfahrens in der Praxis kann man allerdings die Fernleitung nicht direkt mit dem Telegraphon verbinden, da sich sonst die Intensität des Polarisationsstromes je nach dem Widerstand der Leitung ändern würde, auch die in vielen Leitungen verkehrenden Kontrollströme störend wirken würden. Man nimmt daher einen Transformator zu Hilfe, dessen eine Wickelung mit der Fernsprechleitung verbunden, dessen andere unter Einschluss der oben beschriebenen Polarisationseinrichtung als Lokal-Schreibleitung dient. Bei dieser Anordnung bleibt der Widerstand und damit die günstigste Intensität des Polarisationsstromes gewahrt.

Versuche, das Polarisationselement dadurch zu umgehen, dass die Magnetkerne selbst in richtiger Weise schwach magnetisiert wurden, ergaben wenig befriedigende Resultate, da der Magnet mit magnetisierten Kernen das von ihm geschriebene Magnetophonogramm beim Wiederherübergleiten behufs Reproduktion zerstört. Man bedarf daher in diesem Falle eines besonderen Abhörmagneten mit unmagnetischen Kernen, und es geht so der Vorteil, den gleichen Elektromagneten zum Aufnehmen und zur Reproduktion benutzen zu können, verloren.

Eine dritte Methode wäre die Anbringung einer von der mit der Fernleitung verbundenen Schreibwicklung getrennten Hilfswicklung, um den Eisenkern während des Schreibens schwach zu magnetisieren. Die zuerst beschriebene Methode hat sich am besten bewährt und gelangen jetzt bei fast allen Poulsenschen Telegraphon-Apparaten Polarisationselemente zur Anwendung.

Das Telegraphon als Lokalphonograph scheint soweit entwickelt wie möglich. Da die Mängel des mechanischen Phonographen (ausser der starken Abnutzung der Wachswalzen infolge des Abdrehens, der Kürze des zulässigen Phonogramms und der Undeutlichkeit, bedingt durch störendes Nebengeräusch) dem Telegraphon nicht anhaften, so dürfte der Poulsensche Apparat besonders da mit dem Edison-Phonographen konkurrieren können, wo weniger auf grosse Lautstärke bei der Wiedergabe, als auf Bequemlichkeit der Auslöschung, Klarheit und Deutlichkeit Wert gelegt wird.

III. Schwierigkeiten in der praktischen Anwendbarkeit.

Der praktischen Anwendung der Telegraphon-Apparate als Fernsprechschreiber stehen einstweilen noch eine Reihe von Schwierigkeiten im Wege, die im folgenden kurz angedeutet werden sollen.

Beim telegraphonischen Schreiben wird mehr Energie verbraucht als zum Tönen eines Telephons erforderlich ist. Infolge der Bewegung des Stahldrahtes resp. Bandes wird die Selbstinduktion des Schreibelektromagneten und damit der scheinbare Widerstand der magnetischen Schreibfeder bedeutend erhöht. Dies hat zur Folge, dass sich Nebenschlüsse in den Fernsprechleitungen, wie solche beispielsweise in den Klappenschränken der Telephonämter vorhanden sind, beim telegraphonischen Schreiben viel störender bemerkbar machen als beim Telephon. Bei dem an und für sich schon geringen Nutzeffekte in der Lautwirkung, der bei der telegraphonischen im Gegensatz zur telephonischen Wiedergabe erzielt wird, sind die durch gewöhnliche Telephonleitungen aufgenommenen Phonogramme zur Zeit in Deutlichkeit und Schärfe noch wenig befriedigend.

Dieser Übelstand ist hauptsächlich durch die erwähnten Nebenschlüsse bedingt. Entfernt man die Nebenschlüsse aus der Leitung, so lässt die Deutlichkeit und Lautstärke der Aufnahme nichts zu wünschen übrig. Durch eine künstliche Leitung von 150 km mit entsprechender Selbstinduktion und Kapazität, aber ohne Nebenschlüsse konnten eben so gute Phonogramme erhalten werden, als bei direkter Übertragung. Um den schädlichen Einfluss der in den bestehenden Fernsprechleitungen vorhandenen Nebenschlüsse zu umgehen, wurde versucht, zur Trennung der Fernsprechleitung von der Lokalstromleitung einen mikrophonischen Telephonübertrager anzuwenden.

Zu diesem Zwecke wurde auf den mit der Fernsprechleitung verbundenen gewöhnlichen Fernhörer der Empfangsstation ein empfindliches Mikrophon befestigt, derart, dass Telephon- und Mikrophonmembrane zusammengekittet wurden.

Das hierbei benutzte Mikrophon bildete das bei der Lokalphonographenanordnung sonst verwendete Sprechmikrophon.

Obgleich diese Methode nicht sehr vorteilhaft erscheint, ergaben die auf diesem Wege angestellten Versuche verhältnismässig bessere Resultate. Es sei hier nochmals auf den grossen Unterschied bei der Aufnahme und Wiedergabe von Magnetophonogrammen über bestehende Fernsprechleitungen aufmerksam gemacht. Während eine gute Aufnahme, wie aus Obigem ersichtlich ist, grössere Schwierigkeiten bereitet, vollzieht sich das Übertragen des Magnetophonogramms mit derselben Leichtigkeit wie das gewöhnliche telephonische Senden.

Diesen Schwierigkeiten gegenüber weist der Erfinder selbst darauf hin, dass die Entwicklung des telegraphonischen Prinzips nicht vor Ablauf von ein bis zwei Jahren als abgeschlossen betrachtet werden kann, da auf diesem neuen, bisher unbekannten Felde selbstverständlich noch viele Erfahrungen zu sammeln sind.

Ernst Ruhmer.

(Eingegangen 22. October 1900.)

BESPRECHUNGEN.

B. Donath, Die Einrichtungen zur Erzeugung der Röntgenstrahlen und ihr Gebrauch. Gemeinfasslich dargestellt insbesondere auch für Ärzte und Kliniken. Berlin, Reuther und Reichard. 1899. Mk. 4.50; geb. Mk. 5.50.

Dieses zunächst für den praktischen Gebrauch von Ärzten bestimmte Buch enthält in seinem ersten Abschnitt zuerst einige einleitende Bemerkungen über die Grundbegriffe der Elektrizitätslehre und bespricht sodann im zweiten Abschnitt die Stromquellen, wobei insbesondere die Akkumulatoren, speziell deren Laden und Unterhalten, Berücksichtigung erfuhren. Der dritte Abschnitt erledigt kurz die Konstruktionsprinzipien der Induktoren, worauf sich der Verfasser zu einer eingehenden Behandlung der Unterbrecher wendet. Eine besonders eingehende Berücksichtigung ist hier dem Wehneltunterbrecher geworden; die weiteren Kapitel haben die Titel: Die Vakuumröhren zur Erzeugung der Röntgenstrahlen; Zusammenschaltung der Apparate; Radioskopie und Messkunde; die Radiographie; über die Natur der Röntgenstrahlen. Lässt in diesem letzten theoretischen Abschnitt der Verfasser auch zeitweilig seiner Phantasie die Zügel schiessen, so erleidet dadurch doch der vor allem für den Praktiker hohe Wert des Buches keine Einbusse und wird der Benutzer hauptsächlich aus der grossen Anzahl übersichtlich mitgeteilter Schaltungsschemata Nutzen ziehen. Auch für den Physiker ist die in dem Buche gegebene ausführliche Zusammmenstellung des einschlägigen Materials von Nutzen.

S. Guggenheimer.

(Eingegangen 29. September 1900.)

Tagesereignisse.

Die Franz Josephs-Universität in Czernowitz begeht am 2. Dezember dieses Jahres, dem Jahrestage des Regierungsantritts des Kaisers Franz Joseph I., das Fest ihres 25jährigen Bestehens.

Eine Gedenktafel für den berühmten Göttinger Chemiker Friedrich Wöhler am Pfarrhause zu Eschersheim bei Frankfurt a. M., wo der Gelehrte das Licht der Welt erblickte, ist am 14. November enthüllt worden. Zum Gedächtnis Wöhlers fand am Abend desselben Tages eine Feier im Physikalischen Vereine statt, bei der Professor E. Freund Wöhlers Leben und Wirken schilderte.

Personalien.

Der ordentliche Professor der Mechanik an der Technischen Hochschule in Dresden O. Mohr wurde in den Ruhestand versetzt.

Der ausserordentliche Professor der Chemie an der Universität Marburg B. Rathke wurde zum ordentlichen Honorar-Professor ernannt.

Die Universität Kasan hat dem Professor Killing an der Akademie in Münster für hervorragende Leistungen auf dem Gebiete der Mathematik den Lobaszewski-Preis zuerkannt, der aus einer grossen Medaille und 2000 Rubeln besteht.

Bei der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Heidelberg habilitierte sich Dr. Ernst Mohr für das Fach der Chemie mit einer Probevorlesung über „Die Entwicklung der modernen Atom- und Molekulartheorie."

Der ordentliche Professor der Mathematik an der Universität München Dr. Gustav Bauer wurde vom Schlusse dieses Wintersemesters an auf Ansuchen von der Verpflichtung zur Abhaltung von Vorlesungen entbunden.

In Charkow ist am 24. Oktober der ordentliche Professor emer. M. Kowalski im Alter von 65 Jahren gestorben. Er war seit 1869 als Professor der reinen Mathematik an der Universität Charkow thätig.

Wie verlautet, schlug die Universität Christiania den Professor Goldschmidt-Heidelberg für die vakante Professur der Chemie vor.

Der Privatdozent an der böhmischen Universität in Prag Dr. Anton Sucharda ist zum ausserordentlichen Professor der Mathematik an der böhmischen technischen Hochschule in Brünn ernannt worden.

Professor Dr. Adolf Kneser in Dorpat, ordentlicher Professor für Mathematik, folgt einem Ruf an die Bergakademie in Berlin.

Der ausserordentliche Professor der Mathematik und analytischen Mechanik an der deutschen technischen Hochschule in Prag Wilhelm Weiss und der ausserordentliche Professor der Zoologie, Botanik und Warenkunde an der technischen Hochschule in Lemberg Dr. Eustach Woloszczak wurden zu ordentlichen Professoren ihrer Fächer ernannt.

In Göttingen hat sich Dr. J. Stark für Physik habilitiert.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.